

BL39XU 磁性材料

1. 概要

BL39XUは、磁気散乱・吸収実験ステーションと分光分析実験ステーションが併設された共用ビームラインであったが、2002年後期に分光分析実験ステーションが独立してBL37XUに移った。

2002年4月から2003年3月にかけて、BL39XUでは以下の点についてのスタディおよびステーションのアップグレードが行われた。ビームラインでは、移相子の光学ハッチへの移設が行われ、実験ステーションでは、(1)磁気シールドの設置工事、(2)超伝導磁石の試料槽の修理、(3)大型汎用架台の導入、および(4)高計数率化のための大面積シリコンドリフト検出器(SDD)の導入が行われた。

本稿では、上記項目の内容を簡潔に記述するとともに、BL39XUの2003年3月現在の状況を示す。

2. ビームラインおよび光学系

2002年9月に、実験ハッチの最上流に設置してあった移相子を光学ハッチ内の分光器とミラーの間に設置した(図1)。これまで移相子がミラーの下流にあったため、ミラーによる水平方向の集光X線ビームに対して移相子を用いる場合には、垂直偏光度や円偏光度を犠牲にしなければならなかった。また、ミラーの視射角を変更する場合には、実験ハッチ内で光軸が変化するために、その都度、移相子の位置合わせをやり直す必要があった。移相子を光学ハッチ内のミラーの上流に移設することによって、これらの2つの問題点が克服されることが期待される。

移相子の移設後にいくつかのミラーベント量に対する偏光度の変化を測定した。そのときの測定条件は、FEスリット開口 $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ 、ID gap= 11.31 mm 、 $E=7.11 \text{ keV}$ 、TCスリット1の開口 $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ 、ミラーの視射角 5 mrad 、ハッチ内スリットの開口 $0.5 \times 0.5 \text{ mm}^2$ であった。測定には散乱体にカプトン、検出器にシンチレーションカウンターを用いた簡易偏光モニターを利用した。カプトンからの垂直方向および水平方向への散乱強度をそれぞれ I_V 、 I_H とすると、直線偏光度 P_L は、

$$P_L = \frac{I_V - I_H}{I_V + I_H} \quad (1)$$

と表される。図2には、移相子(ダイヤモンド)の220反射近傍でのオフセット角に対する P_L の変化の様子を示す。これまでミラーの下流に移相子があった場合、ミラーによって集光を行うと移相子に入射するX線の水平方向の角度発散が大きくなるために、偏光度が低下する、あるいはミラーベント量によって最適なオフセット角の条件が変化する、などの不具合が生じていた。しかしながら、図2ではミラーのベント量に依存しない結果が得られており、これはミラ

ーの上流側に移相子を設置することによって、移相子によって生成された偏光状態はミラーによって影響されないことを意味する。このことを実際に行われる実験に対して確認するために、純Feの箔に対してFe K吸収端でのX線磁気円二色性(XMCD)スペクトルをミラーのベント量を変化させて測定を行った。図3にその結果を示す。XMCD強度は円偏光度に比例するが、この結果からミラーベント量の変化に対してXMCD強度に変化が見られず、スペクトルを測定したエネルギー全範囲で円偏光度が変化していないことがわかる。

移相子を光学ハッチに移設することによって、理想的な偏光状態を維持したままでミラーによるX線ビームの集光が可能になった。しかしながら、光学ハッチに移相子を移設することで、利用するX線のエネルギーを大きく変化させる際に生じる移相子の交換の際に、メイン・ビーム・シャッター(MBS)を閉じて光学ハッチに入る必要があり、ユーザー自身が移相子を交換することに対して以前よりも抵抗を受けてしまうという問題点もある。また、現在は移相子の部分だけ大気中に開放されているが、2003年の夏期シャットダウン中に真空チェンバーを設置し、移相子も真空中に導入される予定である。これによって低エネルギーのX線を利用する際の空気パスによる強度減少が回避されるというメリットがある。

3. 実験ステーション

He再凝縮装置付き10 T超伝導磁石(SCM)による漏れ磁場の蓄積リング電子軌道への影響を抑えるために、実験ハッチに磁気シールドの設置を行った。実験ホール側以外の

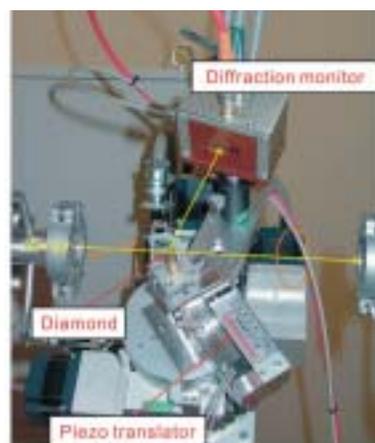


図1 光学ハッチ内に移設された移相子。現在は前後の輸送チャンネルをBe窓によって真空を分断し、移相子の部分だけ大気開放されている。2003年度には真空チェンバーを設置し、その中に移相子を導入する予定である。

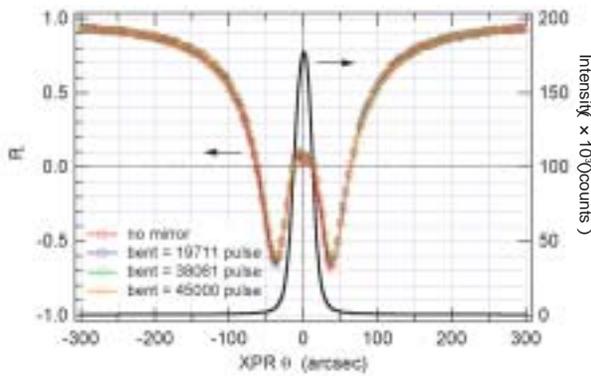


図2 ミラーベント量（集光の有無）による移相子のオフセット角の変化に対する偏光状態の変化の様子。E = 7.11keVでの結果。bent = 19711 pulseは水平方向のX線が最も平行化される条件、bent = 38061 pulseはミラーから7 m地点で水平方向に集光される条件、bent = 45000 pulseは水平方向の角度発散が最も大きくなる条件。なお、実線は移相子（ダイヤモンド）の220面によるBragg反射強度である。

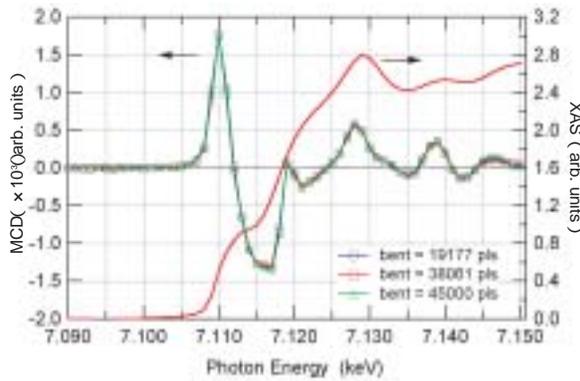


図3 ミラーベント量を変化させた場合の、純Fe箔のFe K-吸収端でのX線磁気円二色性スペクトルの変化の様子。ミラーベント量に対してスペクトルの大きさが全く変化しない。

壁面の大半を磁気シールド（材質：珪素鋼板）で覆った。利用実験時におけるSCMでの印加磁場方向は、水平面内で光軸に対して平行な場合（H // X-ray配置）と垂直な場合（H ⊥ X-ray配置）が用いられる。両配置に対して、漏れ磁場の電子軌道への影響を軌道補正がONの場合について調べた。X線ビーム位置モニタ（XBPM）を利用してほぼすべての真空封止挿入光源ビームラインでの光軸の変動を調べた結果、垂直方向および水平方向への軌道変動が抑えられ

表1 SCM稼動時の光軸の変動。この表に示した以外のビームラインでは、有意な光軸変動は観測されなかった。垂直方向に対しては正が上にずれている、水平方向に対しては正がホール側にずれていることを示す。また、数値のない部分は、光軸変動が観測されなかったことを示している。

Beamline	垂直方向 (μm)		水平方向 (μm)	
	H ⊥ X-ray	H // X-ray	H ⊥ X-ray	H // X-ray
BL39XU	7	-1	1	---
BL40XU	-15	1	-5	---
BL41XU	-3	1	---	---
BL44XU	-3	1	---	---

ており、磁気シールド設置の効果が見られた。垂直方向の軌道変動が観測されたビームラインはBL39XU、BL40XU、BL41XUおよびBL44XUの4本であった。影響を最も大きく受けたビームラインはBL40XUで、H ⊥ X-ray配置に対して15 μmの変動が見られた。水平方向の軌道変動に関しては、すべてのビームラインで5 μm以下に抑えられ、実際上の利用には影響がないと考えられる。表1に両配置に対する上記の4ビームラインの光軸変動の結果を示す。XBPM位置（光源から20m）での15 μmの変動は、X線ビームの角度変動に換算すれば0.75 μradに相当する。この程度の角度変動がユーザー実験に影響をおよぼすかどうかを明らかにする必要がある。BL40XUは縮小光学系を採用しているために、実験ハッチでのビーム位置の変動は小さく、許容範囲内であることも考えられる。今後、BL40XUの担当者との協議し、SCM運転時の実験ハッチでのX線ビーム位置の変動を測定するスタディの実施を検討する。

2002年前期までのユーザーの利用実験ではSCMは概ね順調に稼動していたが、10月の利用実験前に、試料槽のBe溶接部からのHeガスのリークが発生した。試料槽からのHeガスのリークは断熱真空槽の真空悪化を伴い、SCMのクエンチを引き起こす。幸い、SCMを利用する前の立ち上げ段階での早期発見であったため、大事故には至らなかった。現在は、この試料槽のリーク部を修復し、リークのないことを確認している。今後も同様のリークが生じる可能性が考えられるため、予備品も購入している。

2003年3月には大型汎用架台が導入された。位置調整のための自動ZXステージがついており、各軸の精度はZ軸が0.056 mm / pulse、X軸が1 mm / pulseである。また、手動ではあるが、±5°だけテーブル面を回転させる機構もついている。テーブル面の大きさは1,000 × 1,500 mm²と広く、実験ハッチの上流側に設置されている回折計に取り付け可能な装置はすべてこの汎用架台に設置可能である。上流側の回折計にSCMを設置し、下流側に電磁石を搭載したこの汎用架台を設置することによって、SCMから電磁石への実験が短時間で切り替えることができるようになった。

高計数率化への対応として大面積シリンドリフト検出器（SDD）が導入された。このSDDは有効素子面積が10 mm²で計数率100 kcps以上、エネルギー分解能250 eV程度で利用可能である。これによって立体角を稼ぐことができ、また希薄試料に対して計数率の向上が見込まれ、スペクトルの短時間測定や統計誤差の縮小が期待される。

2002年7月に分光分析実験ステーションが独立してBL37XUに移動した。これによって実験ハッチの下流側に3 m（光軸方向）× 4 m × 3 m（高さ方向）の空きスペースが存在する。この空きスペースに比較的大きな装置を導入した実験も行われている。

利用研究促進部門

分光物性 グループ・XAFSチーム

河村直己、鈴木基寛、宮川勇人